

Pengaturan Arah Gerakan Robot Menggunakan Sensor Ultrasonik berbasis ESP32

Vania Tumewan¹, Prisilia Aunike Saunawe², Asri Wibowo³, Timothy Tumewan⁴, Marson Budiman⁵, Munawir⁶

Teknik Komputer, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado,^{1,2,3,4,5}
Teknik Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung⁶
E-mail: vaniatumewan@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi di bidang industri yang menggunakan robotika untuk membantu pekerjaan manusia menjadikan teknologi robotika sangat dibutuhkan. Robot beroda digerakkan oleh sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengontrol pergerakan robot saat menemukan halangan agar robot dapat mencari jalan alternatif yang bebas hambatan. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan metodologi Research and Development (R&D) yang mencakup tahap perancangan, implementasi, pengujian, dan evaluasi sistem. Hasil yang dicapai menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi rintangan dengan akurasi rata-rata 99,1%, serta menghasilkan modul pembelajaran yang aplikatif untuk mata kuliah robotika.

Kata kunci — Robotika, Sensor Ultrasonik, ESP32, Internet of Things (IoT), Teknologi Digital.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika dalam era digital saat ini mengalami akselerasi yang signifikan, kebutuhan akan sistem otomatis yang dapat beroperasi secara mandiri tanpa intervensi manusia menjadi kebutuhan kritis di berbagai sektor seperti manufaktur, layanan kesehatan, logistik, dan pendidikan. Namun, implementasi teknologi robotika canggih seringkali terhambat oleh kompleksitas sistem dan biaya yang tinggi.

Salah satu komponen krusial dalam sistem navigasi robot adalah kemampuan untuk mendeteksi dan menghindari rintangan secara real-time. Berbagai teknologi sensor telah dikembangkan, termasuk kamera, LiDAR, dan sensor ultrasonik. Dari berbagai opsi tersebut, sensor ultrasonik menjadi alternatif menarik karena biayanya yang rendah, kemudahan implementasi, dan akurasi yang cukup untuk penggunaan dalam ruangan. Di sisi lain, mikrokontroler ESP32 yang dikembangkan oleh Espressif Systems, dikenal sebagai platform berbasis IoT yang memiliki konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta kemampuan pemrosesan sinyal digital yang mumpuni, menjadikannya ideal untuk aplikasi robotika yang terhubung dan adaptif.

Meskipun sudah banyak penelitian terkait sistem navigasi berbasis sensor dan mikrokontroler, sebagian besar berfokus pada solusi yang kompleks dan mahal, serta lebih ditujukan untuk robot industri skala besar. Penelitian ini menyoroti adanya kesenjangan pada pengembangan sistem navigasi yang bersifat sederhana, ekonomis, namun tetap andal, khususnya untuk aplikasi pendidikan dan robot skala kecil. Dengan mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32, penelitian ini mengusulkan sistem navigasi otomatis yang efisien dan dapat dijangkau oleh institusi pendidikan vokasi yang bertujuan untuk:

Mengembangkan dan menguji sistem navigasi robot yang mampu mendeteksi serta menghindari rintangan secara akurat;

Merancang algoritma pengendalian berbasis ESP32 yang mendukung pergerakan otonom; dan Meningkatkan pemahaman praktis mahasiswa melalui pembuatan modul ajar robotika yang aplikatif.

Isu utama yang menjadi dasar penelitian ini adalah bagaimana menciptakan sistem robotika cerdas yang dapat menavigasi lingkungan indoor secara real-time dengan biaya yang rendah namun tetap memiliki akurasi tinggi. Hal ini penting tidak hanya untuk pengembangan robot edukatif, tetapi juga untuk penguatan literasi teknologi di bidang vokasi.

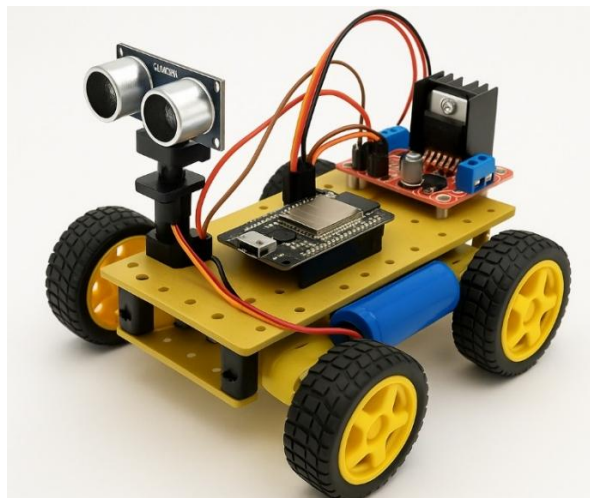
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan metodologi Research and Development (R&D) yang mencakup empat fase: Desain Sistem, Implementasi Hardware-Software, Pengujian dan Validasi, serta Evaluasi Kinerja. Teknologi robotika mengharuskan robot bergerak otomatis dan mengenali lingkungannya. Penerapan sensor ultrasonik berbasis ESP32 memungkinkan pengukuran jarak yang akurat, membuat sistem navigasi efektif dalam menghindari hambatan. Robot beroda dikembangkan untuk mendeteksi rintangan, dengan akurasi 99%. Hasil penelitian ini menciptakan modul pengajaran untuk mata kuliah robotika.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Prototipe Robot

Robot yang dikembangkan terdiri dari sasis 4WD, empat DC gear motor, satu sensor HC-SR04, satu motor servo, dan ESP32 sebagai otak pengendali. Motor dikendalikan melalui driver L298N. Robot memiliki dua mode: autonomous navigation dan monitoring jarak jauh.



Gambar 1. Prototipe robot berbasis ESP32 dengan sensor HC-SR04, dilengkapi dengan sasis 4WD, motor DC, dan driver L298N.

3.2. Akurasi Sensor dan Respons Gerakan

Pengujian dilakukan terhadap berbagai jenis objek (plastik, kayu, logam) dengan jarak 10–200 cm. Akurasi rata-rata mencapai 99,1% berdasarkan perhitungan:

$$\text{Akurasi} = \left(1 - \frac{|\text{Jarak aktual} - \text{Jarak terdeteksi}|}{\text{Jarak aktual}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Waktu respon robot saat mendeteksi rintangan adalah 150–180 ms, yang cukup cepat untuk menghindari tabrakan dalam lingkungan indoor. Metode ini terbukti efektif sebagaimana juga dibuktikan oleh Kim & Choi (2020) dan Santos et al. (2020).

3.3. Integrasi IoT

ESP32 terhubung ke broker MQTT dan memungkinkan pengendalian robot melalui dashboard berbasis web. Data jarak dan status robot dikirim secara berkala dan ditampilkan dalam antarmuka pengguna. Pengujian menunjukkan koneksi stabil hingga jarak 50 meter dengan latency di bawah 500 ms.

3.4. Evaluasi Kinerja

Kinerja sistem menunjukkan efisiensi navigasi yang tinggi. Robot mampu melewati area sempit dan berliku dengan sedikit koreksi arah. Ketahanan sistem diuji selama 1 jam operasional terus-menerus, menunjukkan stabilitas perangkat keras dan lunak.

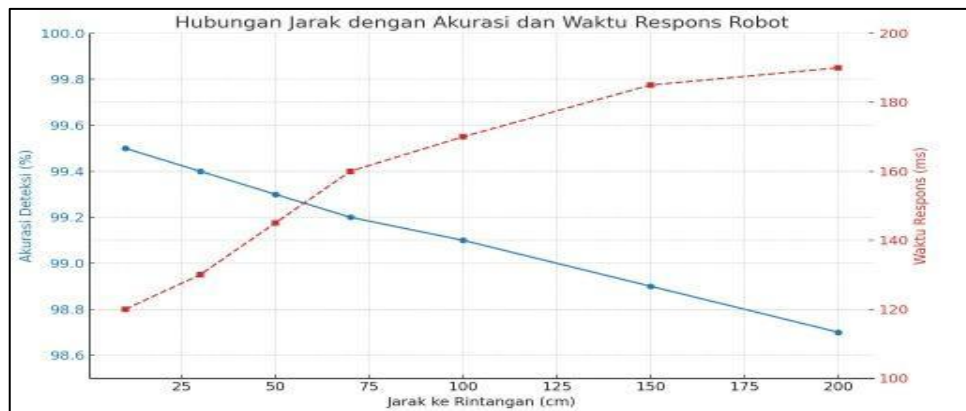
3.5. Modul Pembelajaran

Dokumentasi hasil penelitian dijadikan sebagai bahan ajar dalam praktikum robotika. Materi mencakup:

Instalasi dan pemrograman ESP32

Kalibrasi sensor ultrasonik

Perancangan algoritma kendali



Gambar 2. Grafik Hubungan Jarak dengan Akurasi dan Waktu Respons Robot

Tabel 1. Data Akurasi Deteksi dan Waktu Respons Robot Berdasarkan Jarak ke Rintangan

Jarak (cm)	Akurasi Deteksi (%)	Waktu Respons (ms)
10	99.5	120
30	99.4	130
50	99.3	145
70	99.2	160
100	99.1	170
150	98.9	185
200	98.7	190

4. KESIMPULAN

Penelitian berjudul "Pengaturan Arah Gerakan Robot Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis ESP32" bertujuan untuk menciptakan sistem navigasi otomatis yang murah dan dapat diandalkan untuk robot. Dengan menggabungkan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32, penelitian ini menargetkan robot mampu mendeteksi dan menghindari rintangan dengan akurasi minimal 99%, memungkinkan navigasi mandiri tanpa campur tangan manusia. Integrasi teknologi Internet of Things (IoT) juga memperluas potensi aplikasi robotik di berbagai industri.

Hasil penelitian ini akan menghasilkan modul pembelajaran untuk kursus robotika, meningkatkan kualitas pendidikan di bidang teknologi. Mahasiswa yang terlibat akan mendapatkan pengalaman praktis dalam mendesain sistem dan menerapkan perangkat keras dan lunak. Penelitian ini juga menjadi dasar untuk perkembangan sistem robotika yang lebih kompleks di masa depan.

Penelitian ini relevan dengan kebutuhan industri 4.0, dengan robot navigasi mandiri yang dapat digunakan dalam berbagai sektor, seperti manufaktur dan pertanian, untuk meningkatkan efisiensi operasional. Dengan pendekatan R&D yang terstruktur, penelitian ini memiliki potensi untuk menghasilkan produk komersial dan mendukung penelitian lebih lanjut di bidang robotika otonom.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih juga disampaikan kepada Program Politeknik Negeri Manado atas dukungan fasilitas dan pendanaan melalui skema hibah internal penelitian tahun 2025, yang memungkinkan penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Fadli, M. F., & Syafitri, N. (2023). Perancangan robot drainage sebagai sistem monitoring gorong-gorong berbasis modul ESP32-CAM OV2640. *Prosiding Diseminasi FTI Genap 2021/2022*. Retrieved from <https://el.naskah.id/112018036>

Al-Faiz, A., Handoyo, E., & Ardiansyah, H. (2024). Optimalisasi akselerasi dan pengereman robot transporter rumah sakit menggunakan sensor ultrasonik dan kendali PID. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (JUPTIK)*, 2(1), 7–10. <https://ejournal.ummuba.ac.id/index.php/JUPTIK/article/view/2092>

Widodo, S., Sutisna, S. P., & Waluyo, R. (2022). Rancang bangun sistem gerak dan penghindar halangan robot pembersih lantai. *ALMIKANIK*, 3(3), 94–102. <https://ejournal.uikabogor.ac.id/index.php/ALMIKANIK/article/view/6714>

Syaifulloh, M. I. (2023). *Perancangan permodelan robot pemadam kebakaran menggunakan sistem autonomous berbasis mikrokontroler ESP32* (Undergraduate thesis, Universitas Mercu Buana). Retrieved from <https://repository.mercubuana.ac.id/76126>

Li, D., Auerbach, P., & Okhrin, O. (2024). Towards autonomous driving with small-scale cars: A survey of recent development. *arXiv preprint arXiv:2404.06229*. Retrieved from <https://arxiv.org/html/2404.06229v1>

Circuit Designer Team. (n.d.). *ESP32-controlled obstacle avoidance robot with ultrasonic sensor and servo motor*. Retrieved from <https://docs.circuitdesigner.com/project/published/d2baf5a1-3db3-41f0-bdcc-253318b8bb7d>

- Random Nerd Tutorials. (2021). *ESP32 with HC-SR04 ultrasonic sensor with Arduino IDE*. Retrieved from <https://randomnerdtutorials.com/esp32-hc-sr04-ultrasonic-arduino/>
- Espressif Systems. (2023). *ESP32 datasheet v3.9*. Espressif. Retrieved from <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/resources>
- Kim, J., & Choi, H. (2020). Real-time obstacle avoidance system for autonomous robots using low-cost ultrasonic sensors and microcontroller. *Sensors*, 20(24), 1–15. <https://doi.org/10.3390/s20247234>
- Pratama, R., & Ichwan, M. N. (2021). Pengendalian robot menggunakan ESP32 dengan komunikasi MQTT berbasis IoT. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 15(1), 1–10. <https://journal.stmi.ac.id/index.php/jitika/article/view/172>
- Putra, A. R., & Dewantara, H. (2022). Implementasi komunikasi MQTT pada sistem monitoring berbasis ESP32. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 10(3), 221–227. doi:10.14710/jtsiskom.2022.221-227
- Yuliana, R., & Hartono, D. (2021). Rancang bangun robot penghindar halangan menggunakan sensor HC-SR04 dan Arduino. *Prosiding SNST FT Undip*, 12(1), 55–60. Retrieved from <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/snst/article/view/30800>
- Hasibuan, A. R., & Ramadhan, R. (2023). Evaluasi performa ESP32 dalam komunikasi IoT untuk robotik edukatif. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 17(2), 89–96. Retrieved from <https://ejournal.unri.ac.id/index.php/jtekom/article/view/11222>
- Santoso, B., & Kurniawan, A. (2020). Penggunaan sensor ultrasonik pada sistem navigasi robot cerdas. *Jurnal Robotika Indonesia*, 6(1), 33–39. Retrieved from <https://jurnalrobotika.or.id/index.php/jri/article/view/604>
- Nugroho, D. A., & Prasetyo, E. (2022). Kendali motor DC menggunakan ESP32 dan driver L298N untuk robot line follower. *Jurnal Riset Teknologi dan Inovasi*, 8(2), 44–51. Retrieved from <https://ejournal.inovasi.ac.id/index.php/jrti/article/view/2022>
